

Исследование динамики взрывного прессы для объемной штамповки

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрены конструктивные особенности взрывного прессы для объемной штамповки. Представлены расчетная схема и система дифференциальных уравнений движения элементов конструкции прессы для расчета динамики взрывного прессы. Описано построение 3D-модели модернизированного прессы, с помощью которой получена необходимая информация по массам и осям инерции для последующих расчетов. Приведены графики зависимости массы заряда от габаритных размеров поковки, схема и результаты расчетов имитационной модели прессы.

Ключевые слова: взрывной пресс, динамическая модель, имитационное моделирование, объемная штамповка взрывом.

Если рассматривать любой взрывной пресс, то в зависимости от того, как в его конструкции распределены массы и жесткости (а именно их характер и величина), имеет место развитие динамических процессов в механической системе взрывного прессы.

Анализируя динамику реальной конструкции, приходится делать основное допущение, заключающееся в ее приведении к динамической модели [1]. При этом чаще всего модель имеет вид системы конечного числа материальных точек, соединение между которыми осуществляется невесомыми упругими связями [2]. К таким точкам относятся падающие части, шаботы, поперечины, столы. В такую схему очень хорошо вписывается большинство кузнечно-штамповочных машин. А вот в тех случаях, когда значения масс и жесткостей различных элементов соизмеримы, такая модель приводит к значительным погрешностям при определении напряженно-деформированного состояния элементов. В этом случае необходимо рассматривать динамику систем с распределенными нагрузками.

Конструкции существующих взрывных прессов характеризуются рядом черт, присущих большинству типов кузнечно-штамповочных машин.

Массивные жесткие элементы – стол с оснасткой, поперечины, взрывная камера, основание – соединены между собой упругими связями, масса которых невелика по сравнению с первыми.

С другой стороны, габариты и характер закрепления элементов станин в большинстве случаев не позволяют полностью исключить из рассмотрения их поперечные колебания.

Следовательно, для окончательного выбора расчетной схемы необходим анализ соотношения масс и жесткостей элементов, а также степени их взаимного влияния. Нами была использована методика, предложенная В. Ю. Граниным.

На рис.1 показана расчетная схема взрывного прессы ВП-02. Отличие от рассматриваемого нами варианта будет лишь в массе и жесткости прижимной плиты 3 и массе стола с оснасткой 4.

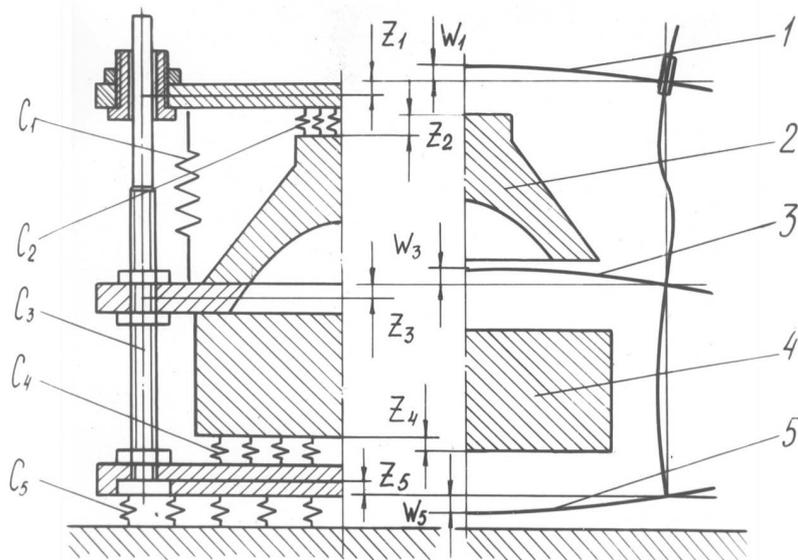


Рис. 1. Расчетная схема взрывного прессы [3]:

1 – траверса; 2 – взрывная камера; 3 – прижимная плита; 4 – стол с оснасткой; 5 – основание прессы; C_1 – жесткость газожидкостного амортизатора; C_2 – жесткость амортизатора камеры; C_3 – продольная жесткость нижнего участка колонн; C_4 – жесткость гидроцилиндра прижима; C_5 – жесткость деревянных прокладок; z_1 – перемещение направляющих втулок траверсы; w_1 – прогиб траверсы относительно втулок; z_2 – перемещение взрывной камеры; z_3 – перемещение узла крепления прижимной плиты к колонне; w_3 – прогиб прижимной плиты, отсчитываемый от узла крепления; z_4 – перемещение стола с оснасткой; z_5 – перемещение узла крепления основания к колонне; w_5 – прогиб основания, отсчитываемый от узла крепления.

Для исследования динамики модернизированного под объемную штамповку прессы ВП-02 была использована следующая система дифференциальных уравнений движения элементов конструкции прессы:

$$\begin{aligned} \ddot{z}_1 &= C_{02} \cdot (z_2 - z_1 - w_1) \cdot (1 - M_{21} / M_{11}) + C_{11} \cdot w_1 \cdot M_{21} / M_{11} - \\ &- C_{01} \cdot (1 - M_{21} / 2M_{11}) \times (z_1 + 0,5w_1 - z_3 - 0,5w_3) / (M_{01} - M_{21}^2 / M_{11}); \\ \ddot{w}_1 &= [C_{02} \cdot (z_2 - z_1 - w_1) \cdot (1 - M_{21} / M_{01}) - C_{11} \cdot w_1 - \\ &- C_{01} \cdot (0,5 - M_{21} / M_{01}) \times (z_1 + 0,5w_1 - z_3 - 0,5w_3)] / (M_{11} - M_{21}^2 / M_{01}); \\ \ddot{z}_2 &= -C_{02} (z_2 - z_1 - w_1) / M_{02}; \\ \ddot{z}_3 &= [C_{01} \cdot (z_1 + 0,5w_1 - z_3 - 0,5w_3) \cdot (1 - M_{23} / 2M_{13}) + C_{13} \cdot w_3 \cdot M_{23} / M_{13} - \\ &- C_{03} \cdot (z_3 - z_5)] / (M_{03} - M_{23}^2 / M_{13}); \\ \ddot{z}_4 &= C_{04} (z_5 + w_5 - z_4) / M_{04}; \\ \ddot{w}_3 &= [C_{01} \cdot (z_1 + 0,5w_1 - z_3 - 0,5w_3) (0,5 - M_{23} / M_{03}) - C_{13} \cdot w_3 + C_{03} \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times (z_3 - z_5) \cdot M_{23} / M_{03}] / (M_{13} - M_{23}^2 / M_{03}); \\ \ddot{z}_5 = & [C_{03} \cdot (z_3 - z_5) - (C_{05} - C_{25} M_{25} / M_{15}) \cdot z_5 - C_{04} (z_5 + w_5 - z_4)] / \\ & / (1 - M_{25} / M_{15}) - (C_{25} - C_{15} M_{25} / M_{15} - C_{35} M_{25} / M_{15}) \cdot w_5] / \\ & / (M_{05} - M_{25}^2 / M_{15}); \\ \ddot{w}_5 = & [-(C_{15} + C_{35} - C_{25} M_{25} / M_{05}) \cdot w_5 - C_{04} (z_5 + w_5 - z_4)] / (1 - M_{25} / M_{05}) - \\ & - (C_{25} - C_{05} M_{25} / M_{05}) \cdot z_5 - (M_{15} - M_{25}^2 / M_{05}) \end{aligned} \quad (1)$$

где M_{01} – масса траверсы, кг;

M_{02} – масса взрывной камеры, кг;

M_{03} – масса прижимной плиты, кг;

M_{04} – масса стола с оснасткой, кг;

M_{05} – масса основания пресса, кг;

M_{11} – приведенная масса траверсы, кг;

M_{21} – инерционный коэффициент траверсы, кг;

M_{13} – приведенная масса прижимной плиты, кг;

M_{23} – инерционный коэффициент прижимной плиты, кг;

M_{15} – приведенная масса основания пресса, кг;

M_{25} – инерционный коэффициент основания пресса, кг;

C_{01} – жесткость газожидкостного амортизатора, Н/м;

C_{02} – жесткость амортизатора камеры, Н/м;

C_{03} – продольная жесткость колонн, Н/м;

C_{04} – жесткость механизма прижима, Н/м;

C_{05} – жесткость упругого основания, Н/м;

C_{11} – приведенная жесткость траверсы, Н/м;

C_{13} – приведенная жесткость прижимной плиты, Н/м;

C_{15} – приведенная жесткость основания пресса, Н/м;

C_{25}, C_{35} – приведенные жесткости упругого основания, Н/м.

Начальные условия при $t = 0$: $z_i = w_i = 0$; $\ddot{z}_1 = \ddot{z}_3 = \ddot{z}_5 = \ddot{w}_1 = \ddot{w}_3 = \ddot{w}_5 = 0$; $\ddot{z}_2 = I_2 / M_2$; $\ddot{z}_4 = I_4 / M_4$; $\ddot{w}_3 = I_3 / M_{np3}$, где I_i – импульсы осевой составляющей силы, действующей на элементы конструкции.

Величины импульсов, воспринимаемых взрывной камерой, прижимной плитой и оснасткой, определялись в результате решения задачи о внешних нагрузках.

Была построена 3D-модель модернизированного пресса ВП-02М, представленная на рис. 2, с помощью которой получена необходимая информация по массам и осям инерции для последующих расчетов.

В пакете Simulink по уравнениям (1) была построена имитационная модель, одна из подсистем которой представлена на рис. 3. В результате моделирования

установлены законы движения элементов конструкции, т. е. определены величины прогибов пластин (рис. 4) и удлинения колонн для случая взрыва заряда аммонита массой 50 г в камере рассматриваемого взрывного пресса.

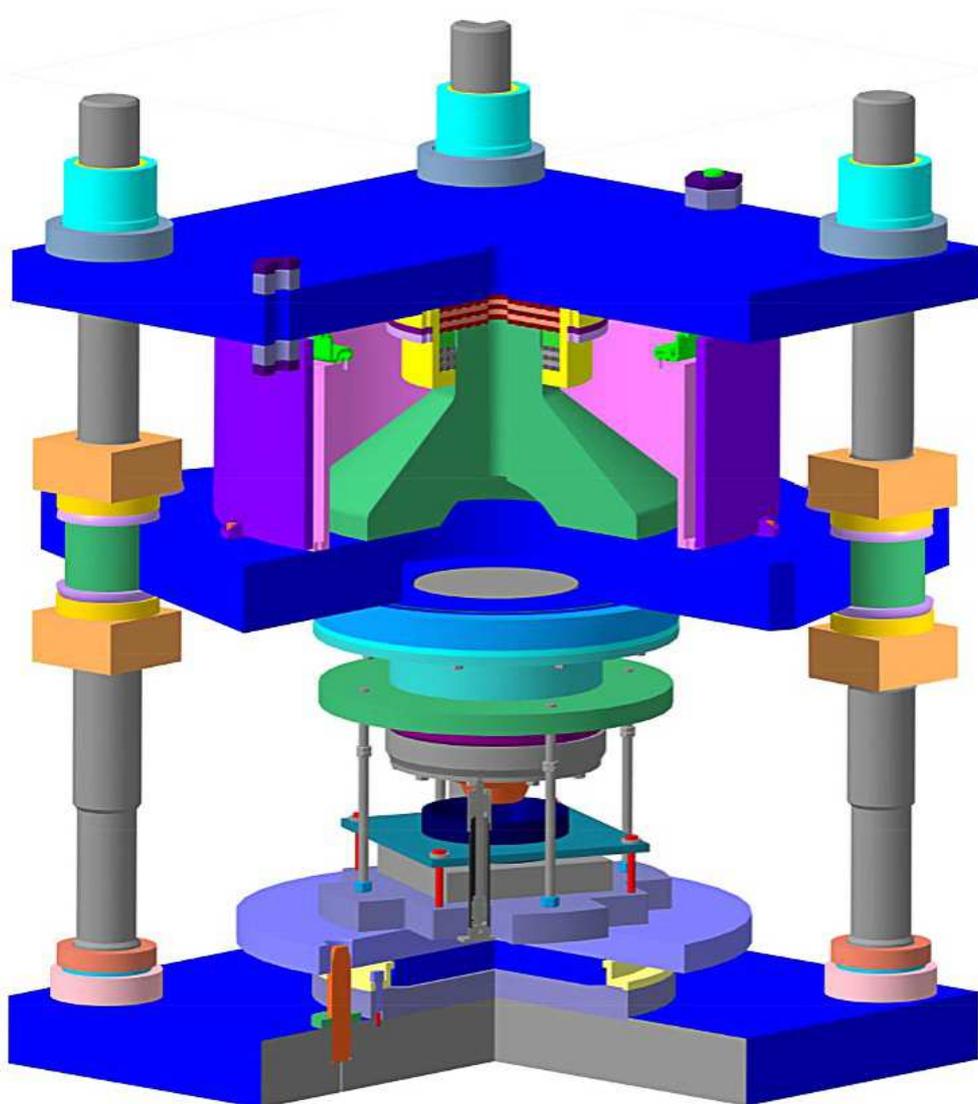


Рис. 2. Трехмерная модель модернизированного пресса

Характер распределений и величина полученных прогибов при моделировании динамики для взрывного пресса ВП-02 совпадают с полученными, что свидетельствует о правильности ее реализации в системе Simulink.

Полученная имитационная модель в дальнейшем позволит исследовать влияние массы заряда бризантного взрывчатого вещества и жесткости замыкающих элементов взрывной камеры на амплитуды деформаций основных элементов конструкции модернизированного взрывного пресса для объемной штамповки ВП-02М.

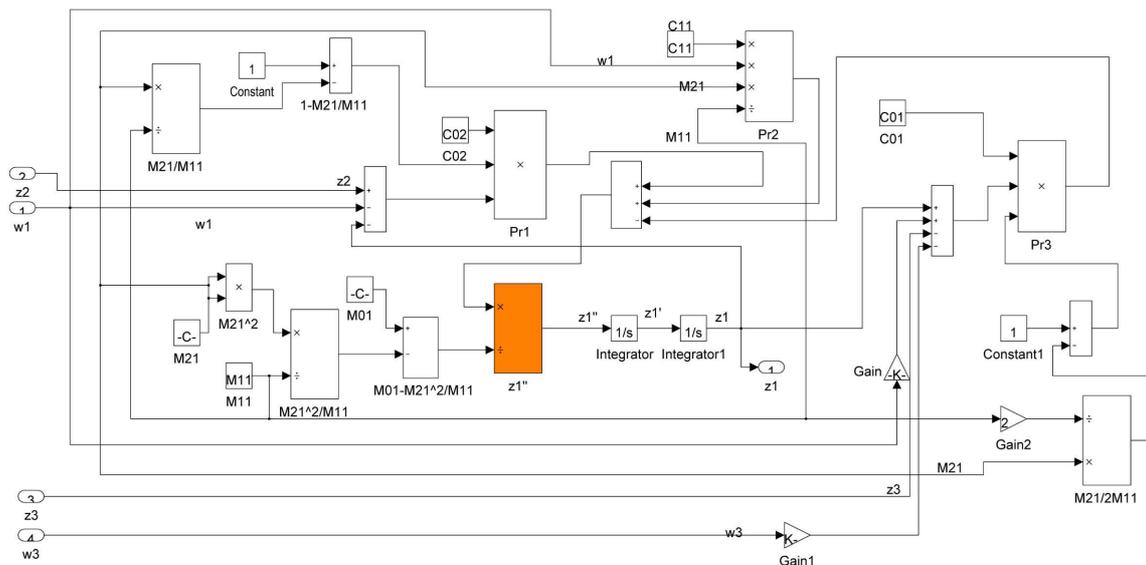


Рис. 3. Схема подсистемы имитационной модели для уравнения системы (1)

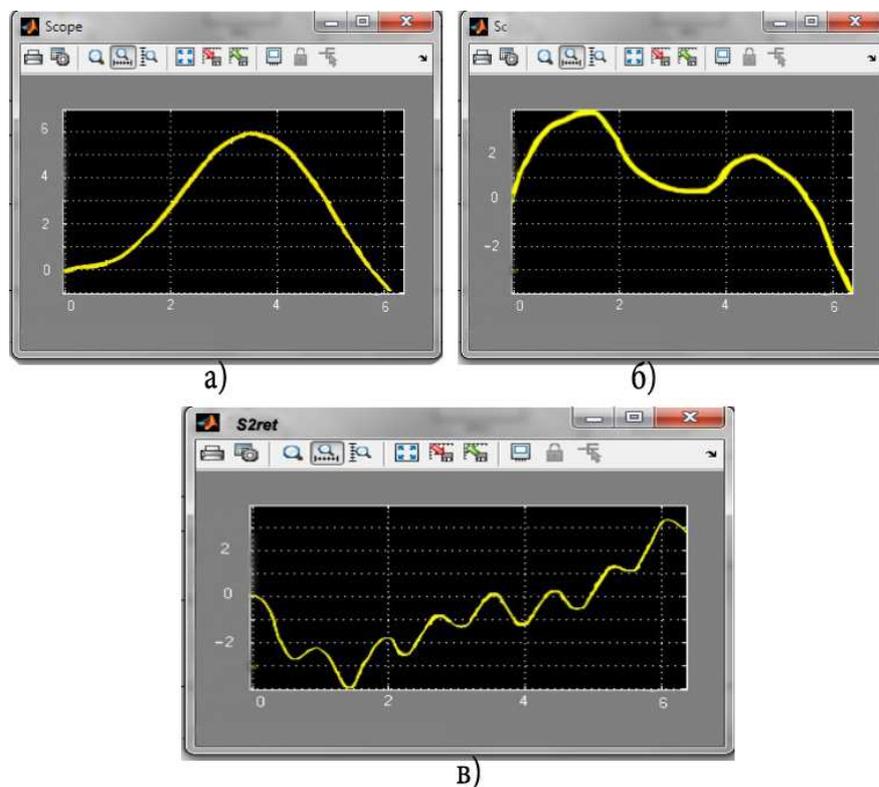


Рис. 4. Временные зависимости $w_1(t)$ (а), $w_3(t)$ (б), $w_5(t)$ (в) – результаты моделирования

Список литературы

1. Динамические модели гидроимпульсных установок для листовой штамповки [Текст] / Л. И. Живов, В. А. Рыбинок, Е. И. Сидельников, В. В. Щербина. – Изв. вузов: Машиностроение, 1980. – 1. – с. 101-105с.

2. Пановко, Я. Г. Введение в теорию механических колебаний [Текст] / Я. Г. Пановко. – М: Наука, 1971. – 240с.

Рецензент: Сорокин В.Ф., д.т.н., профессор кафедры технологий производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков, Украина

Дослідження динаміки вибухового преса для об'ємного штампування

Розглянуто конструктивні особливості вибухового преса для об'ємного штампування. Подано розрахункову схему і систему диференціальних рівнянь руху елементів конструкції преса для розрахунку динаміки вибухового преса. Описано побудову 3D-моделі модернізованого преса, за допомогою якої отримано необхідну інформацію щодо мас і осей інерції для подальших розрахунків. Наведено графіки залежності маси заряду від габаритних розмірів поковки, схему і результати розрахунків імітаційної моделі преса.

Ключові слова: вибуховий прес, динамічна модель, імітаційне моделювання, об'ємне штампування.

Research of the dynamics of explosive press for forging

The article deals with the design features of the explosive press for stamping of the bulk. The design scheme and the system of differential equations of motion of the structural elements press for calculating the dynamics of the explosive press is presented. A 3D-model of modernized press, with which obtained the necessary information is the mass and inertia axes for subsequent calculations is constructed. The graphs of the dependence of the mass of the charge depending on the dimensions of forgings are presented. A scheme and the calculation of simulation model press are presented.

Keywords: explosive press, dynamic model, simulation modeling process, blast stamping of the bulk